

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA
DO RIO DE JANEIRO



Jaqueline Farias da Silva

**Catalisadores Suportados em Peneiras Moleculares
Micro e Mesoporosas para a Síntese de Fischer-Tropsch**

Tese de Doutorado

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor pelo Programa de Pós Graduação em Química Inorgânica do Departamento de Química da PUC-Rio.

Orientador: Prof. Dr. Maria Isabel Pais da Silva

Rio de Janeiro
Setembro de 2004

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA
DO RIO DE JANEIRO



Jaqueline Farias da Silva

**Catalisadores Suportados em Peneiras
Moleculares Micro e Mesoporosas para a
Síntese de Fischer-Tropsch**

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor pelo Programa de Pós Graduação em Química Inorgânica do Departamento de Química do Centro Técnico Científico da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof^a. Dr^a. Maria Isabel Pais da Silva
Orientadora
Departamento de Química – PUC-Rio.

Prof^a. Dr^a. Ivani de Souza Bott
Departamento de Metalurgia - PUC-Rio.

Prof^a. Dr^a. Carmem Lúcia Porto da Silveira
Departamento de Química – PUC-Rio.

Prof. Dr. Alexandre Moura Stumbo
Universidade Estadual Norte Fluminense – UENF

Prof^a. Dr^a. Cynthia Fraga Scofield
Universidade Estadual do Rio de Janeiro – UERJ.

Prof. Dr. Cláudio Alberto Téllez Soto
Universidade Federal Fluminense – UFF

Prof. José Eugênio Leal
Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico –PUC-Rio

Rio de Janeiro, 24 de setembro de 2004

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, da autora e do orientador

Jaqueline Farias da Silva

Graduou-se em Bacharel em Química Fundamental na Universidade Federal de Juiz de Fora em 1995. Defendeu sua Dissertação de Mestrado em Química Inorgânica em 1999 sob o título de “Síntese e caracterização da peneira molecular mesoporosa MCM-41 e introdução de alumínio em sua estrutura” pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, tendo apresentado o trabalho ‘Síntese e caracterização da peneira molecular mesoporosa MCM-41’ nos *Anais da 20ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*.

Ficha catalográfica

Silva, Jaqueline Farias da

Catalisadores suportados em peneiras moleculares micro e mesoporosas para a síntese de Fisher-Tropsch / Jaqueline Farias da Silva ; orientador: Maria Isabel Pais da Silva. – Rio de Janeiro : PUC-Rio, Departamento de Química, 2004.

117 f. : il. ; 30 cm

Tese (doutorado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Química.

Inclui referências bibliográficas

1. Química – Teses. 2. Síntese de Fischer-Tropsch. 3. Catalisadores. 4. MCM-41. 5. Zeólita L. 6. Cobalto. 7. Ferro I. Silva, Maria Isabel Pais da. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Química. III. Título.

CDD: 540

Para meus filhos, Paulino Filho e Marina e meu amigo de todas as horas, Paulino, por serem meus incentivadores e responsáveis por minhas grandes alegrias.

Agradecimentos

Ao CNPQ pelo apoio financeiro.

A minha orientadora Maria Isabel Pais da Silva pelo apoio ao longo do processo.

Ao Ronaldo Pedro da Silva, Paula Mendes Jardim, Henrique Meira da Silva pela assistência nas análises.

As amigas Sonia e Mônica por estarem sempre ao meu lado e terem me convencido a continuar mesmo quando a minha única vontade era de desistir.

Ao amigo Jhonny pelas análises de Infravermelho, pela ajuda com meus gráficos e por todo carinho.

A todos os outros amigos que fizeram parte dessa minha história.

Aos meus pais e minha irmã por me incentivarem e me apoiarem nas decisões tomadas.

Ao meu tão querido Paulino, pai dos meus filhos, por ter me compreendido e apoiado nesse caminho que para nós dois foi tão longo e árduo.

Aos queridos componentes da Comissão Examinadora.

A PUC-Rio pelos auxílios concedidos, sem os quais este trabalho não poderia ser realizado.

A Deus por não ter me abandonado em momento algum, mesmo quando eu me esquecia Dele.

Resumo

Silva, Jaqueline Farias da; Silva, Maria Isabel Pais da. **Catalisadores Suportados em Peneiras Moleculares Micro e Mesoporosas para a Síntese de Fischer-Tropsch**. Rio de Janeiro, 2004. Tese de Doutorado – Departamento de Química, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A síntese de Fischer-Tropsch converte o gás de síntese ($H_2 + CO$), em uma variedade complexa de hidrocarbonetos na presença de um catalisador (principalmente Co/Al_2O_3). Neste trabalho foram estudados catalisadores de Co e o Fe (1 e 5% em massa), incorporados aos suportes: zeólitas KL, HL 0,1M e HL 1,0 M, além da peneira molecular mesoporosa MCM- 41, pelo método de impregnação úmida incipiente, para a reação de Fischer-Tropsch.

As amostras preparadas foram analisadas pelas técnicas de: Espectometria de Emissão Atômica de Plasma Acoplado Induzido, Adsorção Física de N_2 pelo método BET, Difração de Raios-X, Redução com Temperatura Programada, Microscopia Eletrônica de Transmissão (MET), Quimissorção de Hidrogênio e Espectroscopia no Infravermelho de piridina adsorvida. Além disso, as amostras foram avaliadas em um reator de leito fixo na reação de Fischer-Tropsch.

Para as amostras de ferro, com mesmo teor e suportes diferentes, pode-se observar que a amostra suportada na MCM-41 apresentou um grau de redução menor. Entre as amostras de ferro suportadas na KL, a 5% Fe/KL apresentou maior grau de redução e foi observado por microscopia eletrônica de transmissão (MET) que as partículas de ferro apresentaram diâmetro em torno de 6 nm.

Para as amostras de cobalto foi observado que a temperatura de redução da amostra suportada na MCM-41 foi mais alta. A amostra 5% Co/KL apresentou um maior grau de redução. Foi possível observar por MET que as partículas de cobalto apresentaram diâmetro variando entre 8 e 20 nm.

Verificou-se que o catalisador com maior teor de ferro proporcionou uma maior conversão de CO, tendo sido a distribuição de produtos deslocada para as frações mais leves. Comparando os catalisadores de ferro suportados na zeólita KL e na MCM-41 pode-se concluir que as conversões são da mesma ordem de grandeza. Foi observado que o ferro foi mais ativo que o cobalto em termos de conversão do

CO, sendo que o cobalto promoveu a formação de uma maior quantidade de produtos na faixa de diesel, assim como uma menor quantidade de leves.

Palavras - chave

Síntese de Fischer-Tropsch, zeólita L, MCM-41 e catalisadores de ferro e cobalto

Abstract

Silva, Jaqueline Farias da; Silva, Maria Isabel Pais da. **Catalisadores Suportados em Peneiras Moleculares Micro e Mesoporosas para a Síntese de Fischer-Tropsch**. Rio de Janeiro, 2004. Tese de Doutorado – Departamento de Química, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The Fischer- Tropsch synthesis converts the synthesis gas ($H_2 + CO$), in a complex variety of hydrocarbons, using a catalyst (Co/Al_2O_3 normally) were introduced to the used supports by the wetness incipient impregnation. The samples were analyzed by several techniques such as: plasma- emission spectrometry (ICP- EAS), N_2 physical adsorption by BET method, X-ray diffraction (XRD), temperature programmed reduction (TPR), transmission electronic microscopy (TEM), hydrogen chemisorption and Infrared Spectroscopy of adsorbed pyridine. The catalysts were evaluated using a fixed bed reactor in the Fischer-Tropsch synthesis. For the iron samples, with the same metal content and different supports, it was observed that the MCM-41 sample presented the lowest reduction level. Among the iron samples supported in KL zeolite, the 5% Fe/KL sample presented the largest reduction level. It was observed by transmission electronic microscopy that the iron particles diameter measured around 6 nm.

For the cobalt samples, it was observed that the reduction temperature of the MCM-41 supported was the highest one. The 5% Co/KL sample presented the largest reduction level. It was observed by TEM that the cobalt particles presented diameters in the range from 8 to 20 nm. It was verified that the catalyst with the largest iron percentage promoted the highest CO conversion. The products distribution was shifted to light fractions. It was observed similar conversions to iron catalysts supported in the KL zeolite and in the MCM-41 mesoporous molecular sieve. The iron catalysts were more active than the cobalt ones in the CO conversion, but the cobalt catalysts promoted a higher content of diesel fraction and lesser light fractions.

Keywords

Fischer-Tropsch synthesis, KL zeolite, MCM-41, iron and cobalt catalysts

Sumário

1 INTRODUÇÃO	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	24
2.1. SÍNTESE DE FISCHER-TROPSCH	24
2.1.1. GERAÇÃO DO GÁS DE SÍNTESE	25
2.1.2. CONVERSÃO DO GÁS DE SÍNTESE	28
2.1.3. HIDROPROCESSAMENTO	28
2.2. MECANISMO DA SÍNTESE DE FISCHER-TROPSCH	29
2.2.1. MECANISMO DE CARBENO	29
2.2.2. MECANISMO DE HIDROXICARBENO	30
2.2.3. MECANISMO DE INSERÇÃO DE CO	30
2.3. REATORES UTILIZADOS NA SÍNTESE DE FISCHER-TROPSCH	31
2.4. CATALISADORES PARA A SÍNTESE DE FISCHER-TROPSCH	33
2.4.1. CATALISADORES DE CO SUPOSTADOS EM Al_2O_3 E EM OUTROS TIPOS DE SUPORTES	34
2.4.2. CATALISADORES DE FE SUPOSTADOS	42
2.4.3. OUTROS METAIS SUPOSTADOS	46
2.5. PARÂMETROS QUE INFLUENCIAM NA ATIVIDADE DO CATALISADOR	47
2.6. ZEÓLITA L	53
2.7. PENEIRA MOLECULAR MESOPOROSA MCM-41	54
3 METODOLOGIA EXPERIMENTAL	56
3.1. PREPARAÇÃO DOS CATALISADORES	56
3.1.1. SÍNTESE DA PENEIRA MOLECULAR MESOPOROSA MCM-41	56
3.1.2. OBTENÇÃO DOS SUPORTES ZEOLÍTICOS	57
3.2. CARACTERIZAÇÃO DOS CATALISADORES	60

3.2.1 COMPOSIÇÃO QUÍMICA	60
3.2.2. DIFRAÇÃO DE RAIOS-X	60
3.2.3. PROPRIEDADES TEXTURAIS	61
3.2.4. REDUÇÃO COM TEMPERATURA PROGRAMADA (RTP)	61
3.2.5. QUIMISSORÇÃO DE HIDROGÊNIO	62
3.2.6 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE TRANSMISSÃO (MET)	62
3.2.7 ADSORÇÃO DE PIRIDINA ACOMPANHADA POR ESPECTROSCOPIA NA REGIÃO DO INFRAVERMELHO MÉDIO	63
3.2.8 TESTE CATALÍTICO NA SÍNTESE DE FISCHER-TROPSCH	63
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	67
4.1. COMPOSIÇÃO QUÍMICA	67
4.2. DIFRAÇÃO DE RAIOS-X (DRX)	68
4.2.1. AMOSTRAS SUPOSTADAS NA PENEIRA MOLECULAMESOPOROSA MCM-41	Erro! Indicador não definido.
4.2.2 AMOSTRAS SUPOSTADAS NA ZEÓLITA L	70
4.3. PROPRIEDADES TEXTURAIS	72
4.3.1. AMOSTRAS SUPOSTADAS NA PENEIRA MOLECULAR MESOPOROSA MCM-41	72
4.3.2. AMOSTRAS SUPOSTADAS NA ZEÓLITA L	73
4.4 REDUÇÃO COM TEMPERATURA PROGRAMADA (RTP)	74
4.4.1 AMOSTRAS IMPREGNADAS COM Fe	74
4.4.2 AMOSTRAS IMPREGNADAS COM Co	79
4.5. QUIMISSORÇÃO DE HIDROGÊNIO	85
4.6 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE TRANSMISSÃO (MET)	86
4.7. ADSORÇÃO DE PIRIDINA ACOMPANHADA POR ESPECTROSCOPIA NA REGIÃO DO INFRAVERMELHO MÉDIO	92
4.7.1. SUPORTE KL	92
4.7.2 SUPORTES HL 0,1 (49% TROCA) E 1,0 M (68% TROCA)	95
4.7.3 AMOSTRAS DE Fe E Co SUPOSTADAS NA ZEÓLITA KL	98
4.7.4 AMOSTRAS DE Fe SUPOSTADAS NA ZEÓLITA HL	103

4.7.5 AMOSTRAS DE Fe E Co SUPORTADAS NA PENEIRA MOLECULAR MESOPOROSA MCM-41	105
4.8 TESTE CATALÍTICO NA SÍNTESE DE FISCHER-TROPSCH	108
5 CONCLUSÕES	117
6 SUGESTÕES	119
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	120

Lista de figuras

Figura 1. Rota indireta de produção de combustíveis líquidos ou produtos químicos intermediários a partir do gás natural (1).	21
Figura 2. Esquema para a produção do gás de síntese e síntese de FT (4).	24
Figura 3. Representação esquemática de três mecanismos básicos de reação de Fischer-Tropsch: mecanismo de carbeno, mecanismo de hidroxicarbeno e mecanismo de inserção de CO (10).	31
Figura 4. Difratoogramas de Raios-X das amostras de Co/SiO ₂ - 390 (sílica porosa) depois de diferentes tratamentos térmicos. (a) SiO ₂ – 390 aquecido em H ₂ a 900°C por 20 h, (b) impregnado, seco em temperatura ambiente com ar por 72 h, (c) seco em ar a 130°C por 20 horas, (d) catalisador reduzido a 400°C, (e) 700°C e (f) 900°C (38).	41
Figura 5. Micrografias eletrônicas de transmissão (MET) de (a) Co/SiO ₂ - 390 e (b) Co/ SiO ₂ - 35 depois de secagem a temperatura ambiente em ar, por 72 horas, seguida de um aquecimento a 130° C por 20 horas (38).	42
Figura 6. Taxa de produtividade de hidrocarbonetos em função do aumento da conversão de CO (44).	43
Figura 7. Conversão de CO com o aumento do tempo espacial para uma típica composição do gás de síntese derivado do álcool ou do gás natural (44).	43
Figura 8. Curvas de distribuição do tamanho de poro pelo método BJH para catalisadores suportados de S1 (a) e S2 (b) (55).	52
Figura 9. Difração de raios-X dos catalisadores de cobalto suportados em S1 (a) e S2 (b) (55).	52
Figura 10. Estrutura globular da zeólita L (56).	53
Figura 11. Estrutura da zeólita KL (56).	53
Figura 12. Estrutura da zeólita L mostrando as ligações das unidades e-D6R-e e a posição dos sítios A, B, C, D e E (56).	54

Figura 13. Esquema da unidade catalítica.	64
Figura 14. Difratoograma de raios- X da MCM- 41 sem o metal.	69
Figura 15. Difratoograma de raios-X das amostras MCM-41 com 1% de ferro.	69
Figura 16. Difratoograma de raios-X das amostras MCM-41 com 1% de cobalto.	70
Figura 17 Difração de raios-X das amostras KL pura, 1% Fe/KL e 5% Fe/KL.	71
Figura 18 Difração de raios-X das amostras KL pura, 1% Co/KL e 5% Co/KL.	71
Figura 19 Difração de raios-X das amostras 1% Fe/HL 0,1 e 1% Fe/HL 1,0.	72
Figura 20 Perfil de TPR da amostra padrão de Fe ₂ O ₃ .	75
Figura 21 Perfil de TPR das amostras 1% Fe/HL 1,0, 1% Fe/HL0,1 e 1% Fe/KL com o mesmo metal e teor, 1% Fe, suportadas na HL com diferentes níveis de acidez e na zeólita KL.	75
Figura 22 Perfil de TPR das amostras 1% Fe/MCM-41 e 1%Fe/KL com o mesmo metal e teor, 1% Fe, suportadas na peneira molecular mesoporosa MCM-41 e na zeólita L.	76
Figura 23 Perfil de TPR das amostras 5% Fe/KL e 1% Fe/KL com o mesmo metal e diferentes teores, 1% e 5% Fe, suportadas na zeólita KL.	77
Figura 24 Perfil de TPR da amostra padrão Co ₃ O ₄ .	80
Figura 25 Perfil de TPR da amostra padrão CoO.	80
Figura 26 - Perfil de TPR das amostras 1% Co/KL e 5% Co/KL, impregnadas com o mesmo metal e diferentes teores, 1% e 5% Co, suportadas na zeólita KL.	81
Figura 27 - Perfil de TPR da amostra 1%Co/MCM-41.	81
Figura 28 - Micrografia da amostra 1%Fe/KL.	87
Figura 29 - Micrografia da amostra 1% Fe/KL.	88
Figura 30 - Micrografia da amostra 1% Fe/KL.	89
Figura 31 - Micrografia da amostra 5% Co/KL.	90

Figura 32 - Micrografia da amostra 5% Co/KL.	91
	92
Figura 33 - Micrografia da amostra 5% Co/KL.	92
Figura 34 - Espectro na região de 4000 a 400 cm^{-1} da piridina pura.	94
Figura 35 - Espectro na região de 2000 a 1400 cm^{-1} da amostra KL pura (a) sem piridina, (b) com piridina adsorvida, (c) com piridina adsorvida após evacuação a 250 ⁰ C.	94
Figura 36 - Espectro na região de 3800 a 3300 cm^{-1} da amostra KL pura (a) sem piridina, (b) com piridina adsorvida, (c) com piridina adsorvida após evacuação a 250 ⁰ C.	95
Figura 37 - Espectro na região de 1800 a 1350 cm^{-1} da amostra HL 0,1 (49%) M (a) sem piridina, (b) com piridina adsorvida, (c) com piridina adsorvida após evacuação a 250 ⁰ C.	96
Figura 38 - Espectro na região de 3800 a 3500 cm^{-1} da amostra HL 0,1 (49%) M (a) sem piridina, (b) com piridina adsorvida, (c) com piridina adsorvida após evacuação a 250 ⁰ C.	96
Figura 39 - Espectro na região de 1700 a 1350 cm^{-1} da amostra HL 1,0 (68%) M (a) sem piridina, (b) com piridina adsorvida, (c) com piridina adsorvida após evacuação a 250 ⁰ C.	97
Figura 40 - Espectro na região de 3850 a 3500 cm^{-1} da amostra HL 1,0 (68%) M (a) sem piridina, (b) com piridina adsorvida, (c) com piridina adsorvida após evacuação a 250 ⁰ C.	97
Figura 41 - Espectro na região de 1750 a 1300 cm^{-1} da amostra 5% Fe/KL (a) sem piridina, (b) com piridina adsorvida, (c) com piridina adsorvida após evacuação a 523 K.	99
Figura 42 - Espectro na região de 3850 a 3500 cm^{-1} da amostra 5% Fe/KL (a) sem piridina, (b) com piridina adsorvida, (c) com piridina adsorvida após evacuação a 523 K.	99
Figura 43 - Espectro na região de 2200 a 1300 cm^{-1} da amostra 1% Fe/KL (a) sem piridina, (b) com piridina adsorvida, (c) com piridina adsorvida após evacuação a 523 K.	100

- Figura 44 - Espectro na região de 3900 a 3300 cm^{-1} da amostra 1% Fe/KL (a) sem piridina, (b) com piridina adsorvida, (c) com piridina adsorvida após evacuação a 523 K. 100
- Figura 45 - Espectro na região de 2200 a 1300 cm^{-1} da amostra 5% Co/KL (a) sem piridina, (b) com piridina adsorvida, (c) com piridina adsorvida após evacuação a 523 K. 101
- Figura 46 - Espectro na região de 3900 a 3300 cm^{-1} da amostra 5% Co/KL (a) sem piridina, (b) com piridina adsorvida, (c) com piridina adsorvida após evacuação a 523 K. 101
- Figura 47 - Espectro na região de 2200 a 1300 cm^{-1} da amostra 1% Co/KL (a) sem piridina, (b) com piridina adsorvida, (c) com piridina adsorvida após evacuação a 523 K. 102
- Figura 48 - Espectro na região de 3900 a 3400 cm^{-1} da amostra 1% Co/KL (a) sem piridina, (b) com piridina adsorvida, (c) com piridina adsorvida após evacuação a 523 K. 102
- Figura 49 - Espectro na região de 1700 a 1350 cm^{-1} da amostra 1% Fe/HL 1,0M (a) sem piridina, (b) com piridina adsorvida, (c) com piridina adsorvida após evacuação a 523 K. 103
- Figura 50 - Espectro na região de 3850 a 3500 cm^{-1} da amostra 1% Fe/HL 1,0M (a) sem piridina, (b) com piridina adsorvida, (c) com piridina adsorvida após evacuação a 523 K. 104
- Figura 51 - Espectro na região de 1800 a 1350 cm^{-1} da amostra 1% Fe/HL 0,1 M (a) sem piridina, (b) com piridina adsorvida, (c) com piridina adsorvida após evacuação a 523 K. 104
- Figura 52 - Espectro na região de 3800 a 3500 cm^{-1} da amostra 1% Fe/HL 0,1M (a) sem piridina, (b) com piridina adsorvida, (c) com piridina adsorvida após evacuação a 523 K. 105
- Figura 53 - Espectro na região de 2200 a 1300 cm^{-1} da amostra com 1% Co/MCM-41 (a) sem piridina, (b) com piridina adsorvida, (c) com piridina adsorvida após evacuação a 523 K. 106
- Figura 54 - Espectro na região de 3900 a 3300 cm^{-1} da amostra com 1%

Co/MCM-41 (a) sem piridina, (b) com piridina adsorvida, (c) com piridina adsorvida após evacuação a 523 K.	106
Figura 55 - Espectro na região de 2200 a 1300 cm^{-1} da amostra com 1% Fe/MCM-41 (a) sem piridina, (b) com piridina adsorvida (c) com piridina adsorvida após evacuação a 523 K.	107
Figura 56 - Espectro na região de 3900 a 3600 cm^{-1} da amostra com 1% Fe/MCM-41 (a) sem piridina, (b) com piridina adsorvida, (c) com piridina adsorvida após evacuação a 523 K.	107
Figura 57 - Distribuição de produtos da amostra com 1% Fe/KL.	110
Figura 58 - Distribuição de produtos da amostra com 5% Fe/KL.	110
Figura 59 - Distribuição de produtos da amostra com 5% Co/KL.	111
Figura 60 - Conversão das amostras com 1%Fe/KL, 5% Fe/KL, 5% Co/KL e 1% Fe.MCM-41.	113
Figura 61 - Seletividade das amostras com 1%Fe/KL, 5%Fe/KL, 5%Co/KL e 1%Fe/MCM-41.	114

Lista de tabelas

Tabela 1 - Resultados da avaliação catalítica referentes a síntese de Fischer-Tropsch utilizando catalisadores de Co suportados em diferentes peneiras moleculares mesoporosas (26).	38
Tabela 2 – Resultados da avaliação catalítica referentes a síntese de Fischer-Tropsch utilizando catalisadores de Co suportados em diferentes peneiras moleculares mesoporosas com ZrO ₂ e MnO como promotores (26).	38
Tabela 3 – Quantidade total de Fe e porcentagens de cada espécie (45)	44
Tabela 4 – Medidas de atividade e seletividade para catalisadores virgens e regenerados de Fe/zeólita L(45) na reação de conversão de CO a hidrocarbonetos.	45
Tabela 5 – Propriedades de adsorção dos catalisadores S1Co e S2Co (55)	50
Tabela 6 - Condições de troca iônica para obtenção dos suportes HL.	58
Tabela 7 - Condições de teste para a amostra 25 (1%Fe/KL) para a síntese de Fischer-Tropsch	64
Tabela 8 - Condições de teste para a amostra 14 (5%Fe/KL) para a síntese de Fischer- Tropsch	65
Tabela 9 - Condições de teste para a amostra 16 (5%Co/KL) para a síntese de Fischer-Tropsch.	65
Tabela 10 - Condições de análise para a amostra 21 (1%Fe/MCM-41) para a síntese de Fischer-Tropsch	65
Tabela 11 - Composições de Fe e Co nas amostras obtidas em %.	67
Tabela 12 - Teor de K e porcentagem de troca das amostras suportadas na zeólita L.	67
Tabela 13 - Propriedades texturais das amostras MCM-41 pura e impregnadas com Fe e Co.	72
Tabela 14 - Propriedades texturais das amostras KL pura, e impregnadas	

com Co e Fe.	74
Tabela 15 - Consumo de Hidrogênio das amostras impregnadas com Fe.	79
Tabela 16 - Consumo de Hidrogênio das amostras impregnadas com Co.	84
Tabela 17 Dispersão das amostras 1% Fe/KL e 5% Fe/KL.	85
Tabela 18 - Conversão e distribuição de produtos para as amostras com 1%Fe/KL, 5%Fe/KL, 5%Co/KL e 1%Fe/MCM-41.	112